

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-127016

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/304
H01L 21/02
H01L 21/205
// C30B 29/06

(21)Application number : 2000-240005

(71)Applicant : WACKER SILTRONIC G FUER
HALBLEITERMATERIALIEN AG

(22)Date of filing : 08.08.2000

(72)Inventor : WENSKI GUIDO
SIEBERT WOLFGANG
MESMANN KLAUS
HEIER GERHARD
THOMAS ALTMANN
FUERFANGER MARTIN

(30)Priority

Priority number : 1999 19938340 Priority date : 13.08.1999 Priority country : DE

(54) SEMICONDUCTOR WAFER AND MANUFACTURING METHOD THEREOF AND ITS USE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an epitaxial semiconductor wafer.

SOLUTION: In a semiconductor wafer constituted of the front face and rear face and an epitaxial layer made of semiconductor materials deposited on the front face, the epitaxial layer has a maximum local mean value SFQRmax of 0.13 μm or less and the maximum density of 0.14 at the center of scattered lights per 1 cm^2 , and the front face of the semiconductor wafer has Surface roughness of 0.05-0.29 nmRMS measured by an AFM on a reference face in a size of 1 μm \times 1 μm before the epitaxial layer is deposited.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-127016

(P2001-127016A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001.5.11)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 1	H 0 1 L 21/304	6 2 1 A
	6 2 2		6 2 2 R
21/02		21/02	B
21/205		21/205	
// C 3 0 B 29/06		C 3 0 B 29/06	A
審査請求 有 請求項の数13 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-240005 (P2000-240005)

(22) 出願日 平成12年8月8日 (2000.8.8)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 3 8 3 4 0 . 5

(32) 優先日 平成11年8月13日 (1999.8.13)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 599119503

ワッカー シルトロニック ゲゼルシャフ

ト フェア ハルプライターマテリアーリ

エン アクチエンゲゼルシャフト

ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ヨハ

ネス-ヘス-シュトラッセ 24

(72) 発明者 グイド ヴェンスキ

ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ヘッ

ヒエンベルクシュトラッセ 35

(74) 代理人 100061815

弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウェハ、その製造方法および使用

(57) 【要約】

【課題】 エピタキシャル半導体ウェハを提供する。

【解決手段】 前面、裏面および前面に析出した半導体材料からなるエピタキシャル層を有する半導体ウェハにおいて、エピタキシャル層が0.13 μm 以下の最大局所的平坦値SFQR...および1 cm^2 当たり散乱光中心0.14の最大密度を有し、半導体ウェハの前面がエピタキシャル層を析出する前に1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ の大きさの基準面でAFMにより測定した0.05~0.29 nm RMSの表面粗さを有することを特徴とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 前面、裏面および前面に析出した半導体材料からなるエピタキシャル層を有する半導体ウェハにおいて、エピタキシャル層が $0.13\mu\text{m}$ 以下の最大局所的平坦値SFQR_{max}および 1cm^2 当たり散乱光中心 0.14 の最大密度を有し、半導体ウェハの前面がエピタキシャル層を析出する前に $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ の大きさの基準面でAFMにより測定した $0.05\sim 0.29\text{nmRMS}$ の表面粗さを有することを特徴とする半導体ウェハ。

【請求項2】 前面、裏面および前面に析出した半導体材料からなるエピタキシャル層を有する半導体ウェハの製造方法において、前記方法が以下の処理工程：

(a) ただ1つの研磨工程として、アルカリ性研磨ゾルを供給しながら、回転する研磨円板の間で半導体ウェハの前面および裏面を同時に研磨する工程、その際半導体ウェハは回転円板の空間内に存在し、回転円板の厚さは仕上げ研磨した半導体ウェハの厚さより $2\sim 20\mu\text{m}$ 少なく調節されている、(b) $2\sim 6$ 個の炭素原子を有する少なくとも1種の多価アルコールを含有する液体を供給しながら、回転する研磨円板の間で半導体ウェハの前面および裏面を同時に処理する工程、(c) 半導体ウェハを洗浄し、乾燥する工程、および(d) 工程(a)～(c)により製造された半導体ウェハの前面にエピタキシャル層を析出する工程からなることを特徴とする半導体ウェハの製造方法。

【請求項3】 半導体ウェハおよびエピタキシャル被覆がシリコンからなる請求項2記載の方法。

【請求項4】 工程(a)で使用されるアルカリ性研磨ゾルが、実質的に水中の二酸化珪素粒子および無機および/または有機塩基の懸濁液からなり、この懸濁液がpH値 $9\sim 12$ を有し、連続的に供給される請求項2または3記載の方法。

【請求項5】 工程(b)で使用される液体が、エチレングリコール、グリセリン、プロピレングリコールおよびブチレングリコールからなる化合物の群から選択される少なくとも1種の多価アルコールを含有する請求項2から4までのいずれか1項記載の方法。

【請求項6】 工程(b)で使用される液体が一価アルコールおよび界面活性剤からなる化合物の群から選択される少なくとも1種の物質を含有する請求項5記載の方法。

【請求項7】 工程(d)で析出されるエピタキシャル層が $0.3\sim 10\mu\text{m}$ の厚さを有し、 $900\sim 1250^\circ\text{C}$ の温度で析出される請求項2から6までのいずれか1項記載の方法。

【請求項8】 工程(d)で析出されるエピタキシャル層を酸化ガスを用いて親水化する請求項2から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項9】 工程(d)で析出されるエピタキシャル

層を湿式化学的に親水化する請求項2から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項10】 半導体結晶を切断することにより半導体ウェハを製造し、研磨の前に研削工程で処理し、その際半導体ウェハの片面または両面を研削する請求項2から9までのいずれか1項記載の方法。

【請求項11】 半導体ウェハの研削の前または後に半導体ウェハのエッジを丸くする請求項10記載の方法。

【請求項12】 半導体ウェハの研磨の前にエッチング工程を実施し、2つのウェハ面のそれぞれから材料を除去する請求項2から11までのいずれか1項記載の方法。

【請求項13】 請求項2から12までのいずれか1項記載の方法により製造されるエピタキシャル化された半導体ウェハの集積された半導体構造部品を製造するための使用。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、改良された平坦度およびエピタキシャル層上の減少した光散乱中心の数を有する、前面にエピタキシャル被覆を有する半導体ウェハ、およびその廉価な製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 この種の半導体ウェハは半導体工業に使用するために、特に線幅が $0.13\mu\text{m}$ 以下である電子構造部品を製造するために適している。

【0003】 特に線幅が $0.13\mu\text{m}$ 以下である電子構造部品を製造するために適している半導体ウェハは多くの特別の性質を有していなければならない。特に重要な性質は半導体ウェハの局所的平坦度である。近代的なステッパー技術は、例えばSFQR (site front surface referenced least squares/ranges サイト前面で基準とされる最小2乗/レンジ=決められた寸法の構造部品面のための誤差2乗の最小化により決定された前面からの正および負の変位の範囲) として表される半導体ウェハの1つの面のすべての部分領域での最適な局所的平坦度を必要とする。SFQR_{max}値は半導体ウェハ上のすべての構造部品面に関する最大SFQR値を示す。一般に認められた規則では、半導体ウェハのSFQR_{max}値がこのウェハ上に可能なこれに製造すべき半導体構造部品の線幅に等しいかまたはこれより小さくなければならないことが言及される。この値を上回るとステッパーの焦点の問題およびそれとともに当該構造部品の損傷を生じる。半導体ウェハの他の重要な特性は、半導体構造部品が製造される表面での光散乱中心 (localized light scatterers LLS 局所的な光散乱体) の数である。LLSは特定の数および値で構造部品の損傷を生じることがある。半導体ウェハの最終的平坦度は一般に研磨工程により得られる。半導体

ウェハの平坦度を改良するために、半導体ウェハの前面および裏面を同時に研磨する装置および方法が用意され、更に開発された。このいわゆる両面研磨機は、例えば米国特許第3691694号明細書に記載されている。欧州特許第208315号明細書に記載される両面研磨機の構成により、半導体ウェハを、適当な寸法に調節した空間を有する金属またはプラスチックからなる回転円板内に、研磨布を貼り付けた2個の回転する研磨円板の間に、研磨ゾルを存在させて、機械パラメータおよび処理パラメータにより予め決められた通路上で運動させ、これにより研磨する。英語の文献ではこの回転円板は“キャリアー”と呼ばれる。出願番号19905737.0号のドイツ特許明細書において、特に縁部分で改良された平坦度を有する半導体ウェハを生じる両面研磨法が記載されている。その際仕上げ研磨されたウェハの最終厚さが回転円板の厚さより2~20 μm 大きくなるように厚さが調節されている回転円板を使用する。

【0004】同一の結晶配向の単結晶の成長層、半導体構造部品が被覆されるいわゆるエピタキシャル層またはエピタキシャル成長層を有する単結晶の半導体ウェハ、例えばシリコン層を有するシリコンウェハは均一な材料からなる半導体ウェハに比べていくつかの利点を有する。第1にこの場合にいわゆるラッチアップの問題が挙げられ、これは例えばバイポーラCMOS回路で均一な材料に発生し、バイポーラトランジスタ中に電圧を生じることがあり、これが電荷の逆転を可能にし、当該構造部品の短絡を生じることがある。このラッチアップの問題を、高いドーピングの基板ウェハ（低い電気抵抗）および低いドーピングのエピタキシャル層（高い抵抗）からなるエピタキシャル化された半導体ウェハの使用により効果的に阻止できることは当業者に周知であり、これは同時に基板の所望のゲッター効果を生じ、更に構造部品の平面の消費を減少する。更にエピタキシャル化された表面は、例えばいわゆるCOPs (crystal-originated particles 結晶由来粒子) であってもよい、LLSとして表される、研磨した半導体ウェハと比較して低い欠陥密度を有し、これは一般に無傷の半導体構造部品のより高い収率を生じる。更にエピタキシャル層は特筆すべき酸素含量を有せず、これにより構造部品に関連する範囲での起こりうる回路を破壊する酸素沈殿物の危険が排除される。

【0005】技術水準により、適当な予備生成物から切削研磨-仕上げ研磨-清浄化-エピタキシーの工程順序によりエピタキシャル化された半導体ウェハを製造し、その際1 $\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ の範囲で原子間力顕微鏡法 (AFM) を用いて測定した切削研磨後の表面粗さは実施方法に応じて約0.5~3nmRMS (2乗平均平方根粗さ) であり、仕上げ研磨後に約0.05~0.2nmRMSである。同様に三段階または四段階の研磨工程が公知であり、この場合に粗さは漸進的に減少する。欧州特許

公開第684634号明細書には半導体ウェハを仕上げ研磨工程で処理する前に、切削研磨工程で異なる粒度の2つの異なる研磨ゾルを順次供給する変法が記載されている。多段階の研磨法の欠点は、それぞれの付加的な工程とともに半導体ウェハの製造費用が高くなることである。

【0006】欧州特許公開第711854号明細書には切断-ラッピング-エッチング処理したシリコンウェハを切削研磨し、その際0.3~1.2nmRMS (AFM 1 $\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$) の表面粗さに調節し、費用を低下するために、平滑にする仕上げ研磨工程を実施せずにエピタキシャルシリコン層を析出することにより、エピタキシャル化されたウェハを製造する方法が記載されている。こうして製造されるエピタキシャル層は予め仕上げ研磨工程を使用して一般的に製造されるエピタキシャル層に電気特性が匹敵するが、かなり高い出発粗さにより引き起こされるエピタキシャル表面上の光散乱中心の増加がこのウェハ上に製造される構造部品の損傷の増加を生じる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って本発明の課題は、特に線幅が0.13 μm 以下である電子構造部品を製造するために適しており、エピタキシャル表面上の光散乱中心の数に関する前記の欠点を有せず、廉価な製造方法により達成される、エピタキシャル化された半導体ウェハを提供することである。更にエピタキシャル化された半導体ウェハの他の特性は技術水準により製造されるエピタキシャル化された半導体ウェハの特性と少なくとも同じほど良好でなければならない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の対象は、前面、裏面および前面に析出した半導体材料からなるエピタキシャル層を有する半導体ウェハであり、このウェハは、エピタキシャル層が0.13 μm 以下の最大局所的平坦値SFQR_{max}および1 cm^2 当たり散乱光中心0.14の最大密度を有し、半導体ウェハの前面がエピタキシャル層を析出する前に1 $\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ の大きさの基準面でAFMにより測定した0.05~0.29nmRMSの表面粗さを有することを特徴とする。

【0009】本発明の対象は、更に、前面、裏面および前面に析出した半導体材料からなるエピタキシャル層を有する半導体ウェハの製造方法であり、以下の処理工程:

(a) ただ1つの研磨工程として、アルカリ性研磨ゾルを供給しながら、回転する研磨円板の間で半導体ウェハの前面および裏面を同時に研磨する工程、その際半導体ウェハが回転円板の空間内に存在し、回転円板の厚さは仕上げ研磨した半導体ウェハの厚さより2~20 μm 少なく調節されている、(b) 2~6個の炭素原子を有する少なくとも1種の多価アルコールを含有する液体を供

給しながら、回転する研磨円板の間で半導体ウェハの前面および裏面を同時に処理する工程、(c)半導体ウェハを清浄化し、乾燥する工程、および(d)工程(a)～(c)により製造された半導体ウェハの前面にエビタキシャル層を析出する工程からなることを特徴とする。

【0010】本発明の重要な特徴は、2～6個の炭素原子を有する少なくとも1種の多価アルコールを含有する水性液体を供給して行われる、ただ1つの研磨工程で半導体ウェハの前面および裏面の同時研磨により、高い平坦度および低い粗さを有する半導体ウェハが製造されることである。本発明の方法は、費用がかかり、かつ半導体ウェハの形状(Geometrie)を劣化する仕上げ研磨工程を実施せずにすませることができ、きわめて欠陥の少ない表面を有するエビタキシャル被覆された半導体ウェハを生じる。

【0011】本発明の方法の出発生成物は、公知方法で結晶から、例えば切断され、円形に研削されたシリコンからなる単結晶から分離され、前面および/または裏面が表面研削工程を用いて処理された半導体ウェハである。これは好ましい場合は、結晶は結晶軸を同一にするために1個以上の配向特性、例えばノッチおよび/またはフラットを備えていてもよい。同様に半導体ウェハのエッジは連続処理工程の適当な位置で適当な複雑な断面形状の研削板を用いて丸くすることができる。更に半導体ウェハの表面を研削工程の後にエッチングする可能性が存在する。

【0012】本発明の方法の最終生成物は、線幅が0.13μm以下である半導体構造部品製造の出発物質としてエビタキシャル化された半導体ウェハの要求を満足し、高い収率および仕上げ研磨工程の省略にもつぎ技術水準により製造される半導体ウェハよりその製造費用に関してすぐれている、少なくとも前面にエビタキシャル化された半導体ウェハである。

【0013】本発明の方法は、原則的に、使用される化学的機械的両面研磨法を用いて処理され、エビタキシャル化することができる材料から形成される円板状の成形体の製造に使用することができる。例えばチョクラルスキー法または帯域引き上げ法により結晶化された結晶配列(100)、(110)または(111)を有する単結晶の形のシリコンが有利である。その際シリコンは若干の量のドーピング物質を含有し、この場合にドーピング物質は、p型の材料を生じる、元素周期表の第3主族の元素、例えば硼素、およびn型の材料を生じる、第5主族の元素、例えば燐、砒素またはアンチモンに区別される。シリコンまたはシリコン/ゲルマニウムがエビタキシャル被覆の材料として有利である。例えばシリコンからなるエビタキシャル被覆はそのドーピング物質含量により電気特性が一般に半導体ウェハの電気特性と異なり、これは集積された半導体構造部品の製造に利用される。しかしながらこれは必ずしも必要でない。更に本発

明のエビタキシャル化された半導体ウェハの計画された使用に関してエビタキシャル層がいずれかのドーピング物質を含有せずに成長することが好ましく、これは同様に問題なく可能である。本発明の範囲内でシリコンからなるエビタキシャル被覆を有するシリコンウェハが特に有利であり、その際シリコンウェハおよびエビタキシャル層は両方ともp型であるか、または両方ともn型である。

【0014】本発明の方法は、特に200mm、300mm、400mmおよび450mmの直径および100μmから数cmまで、有利には400μm～1200μmの厚さを有するシリコンウェハを製造するために特に適している。エビタキシャル化された半導体ウェハは直接半導体構造部品の製造に出発物質として使用することができるか、または裏面密封物を被覆後またはそれぞれ技術水準による研削、エッチング、研磨等による裏面の他の処理後、その決められた目的に供給することができる。本発明は、均一な材料からなるウェハの製造とともに、もちろんSOIウェハ(silicon on insulator 絶縁体上のシリコン)およびいわゆるボンデッドウェハ(bonded wafers)のような多層に形成される半導体基板の製造に、この場合に費用の利点を失うことがあるにもかかわらず使用することができる。

【0015】本発明の方法を、前面にシリコンのエビタキシャル被覆を有するシリコンウェハの製造例により更に説明する。

【0016】例えば内部穿孔法またはワイヤソー法により切断されるシリコンウェハを直接本発明の方法で処理することが原則的に可能である。しかしながら鋭い境界面の、従って機械的にきわめて繊細なウェハのエッジを適当な複雑な断面形状の研削板を用いて丸くすることが価値があり、従って有利である。更に、形状を改良し、破壊された結晶層を部分的に除去するために、シリコンウェハをラッピングまたは研削のような機械的切削工程で処理し、研磨工程での材料の除去を減少することが可能である。シリコンウェハを表面研削工程で処理することが有利であり、その際片面を研削するかまたは両面を順次または両面を同時に研削する。機械的処理工程で必然的に生じるウェハ表面およびウェハエッジの損傷を除去するために、および場合により存在する不純物を除去するために、この位置でエッチング工程を行うことができる。このエッチング工程はアルカリ性または酸性のエッチング混合物中のシリコンウェハの湿式化学処理としてまたはプラズマ処理として実施することができる。出願番号19833257.2号のドイツ特許明細書に記載の実施例による濃縮した水性硝酸および濃縮した水性フッ化水素酸からなる混合物中の酸性エッチング工程が有利である。

【0017】本発明の処理工程の特に有利な出発物質

は、シリコン単結晶の切断により製造され、両方のウェハ面のエッジを丸くし、引き続き表面研削し、面当たりシリコン $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ を除去し、酸性エッチング混合物中で湿式化学的エッチングし、ウェハ面当たりシリコン $5\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ を除去することによる、 200mm 以上の直径を有するシリコンからなる半導体ウェハである。

【0018】本発明の処理工程(a)

本発明のエピタキシャル化された半導体ウェハの製造に適している研磨法は、例えば出願番号19905737.0号のドイツ特許明細書に記載されている。実施するために、適当な大きさの市販の両面研磨機、例えばPeter Wolters社の形式AC2000の機械を使用することができる。この研磨機は実質的に自由な水平方向に回転可能な下方の研磨円板および自由な水平方向に回転可能な上方の研磨円板からなり、これらの2つの円板はそれぞれ研磨布で覆われ、適当な化学組成のアルカリ性研磨ゾルを連続的に供給することにより半導体ウェハ、この場合にシリコンウェハの両面切削研磨が可能である。一般に費用の理由から多数のシリコンウェハを同時に研磨する。その際シリコンウェハを収容するために十分な寸法に調節された空間を有する回転円板により、研磨中に、シリコンウェハを、機械および方法のパラメータにより決められた形状の通路に保持する。回転円板はかみあわせ部分を有して、回転する内側のピンの輪またはギアの輪および一般に逆方向に回転する外側のピンの輪またはギアの輪を介して研磨機と接触し、これにより両方の研磨円板の間で回転運動している。特に有利には4個から6個の回転円板を同時に使用し、これらはそれぞれ同じ間隔で円形の通路に配置された少なくとも3個のシリコンウェハで覆われている。

【0019】原則的に回転円板は、例えば金属、プラスチック、繊維を補強したプラスチックまたはプラスチックを被覆した金属から製造されていてもよい。鋼からまたは繊維を補強したプラスチックからなる回転円板が有利である。ステンレスクロム鋼からなる回転円板が特に有利である。

【0020】回転円板は1個以上のシリコンウェハを収容するために有利には円形の、1個以上の空間を有する。回転する回転円板中のシリコンウェハの自由な運動を保証するために、空間は研磨すべきシリコンウェハより直径がわずかに大きくなければならない。回転円板中の空間の内側のエッジによる研磨中のウェハエッジの損傷を阻止するために、空間の内面を回転円板と同じ厚さのプラスチック被覆、例えばポリアミド、ポリエチレン、ポリプロピレンまたはポリビニリデンジフルオリドからなる被覆で被覆することが重要である。回転円板の厚さは、研磨したウェハの最終厚さが回転円板の厚さより有利には $2\sim 20\mu\text{m}$ 大きくするように調節されるべきである。研磨工程によるシリコン切削は $5\sim 100\mu$

m、有利には $10\sim 50\mu\text{m}$ である。

【0021】厚さの比率に関して行われる実施態様の範囲内で、研磨工程を有利には当業者に知られた形式および方法で実施する。有利には $40\sim 120$ の硬度(ショアA硬度)の市販されているポリウレタン研磨布を用いて研磨する。硬度範囲 $60\sim 90$ (ショアA硬度)のポリエチレン繊維を配合したポリウレタン布が特に有利である。シリコンウェハの研磨の場合に、無機塩基、例えば水酸化ナトリウムおよび水酸化カリウムおよび/またはアルカリ金属塩、例えば炭酸カリウムおよび/または有機塩基、例えばテトラメチル水酸化アンモニウムを添加する、水中の SiO_2 有利には $1\sim 10$ 質量%、特に有利には $1\sim 5$ 質量%からなり、有利には $9\sim 12$ 、特に有利には $10\sim 11$ のpH値を有する研磨ゾルの連続的供給が好ましい。研磨圧は有利には $0.05\sim 0.5$ バール、特に有利には $0.1\sim 0.3$ バールである。

【0022】本発明の処理工程(b)

研磨工程(a)の終了後、化学的にきわめて反応性の疎水性ウェハ表面を不活性化しなければならない。本発明の範囲でこれは、 $2\sim 6$ 個の炭素原子を有する少なくとも1種の多価アルコールを含有し、ストップ剤として作用する水性液体を供給することにより達成される。液体の供給の代わりに前記の他の研磨材の供給を行い、研磨機を開放せず、これにより回転する研磨円板の間でこのストップ剤を用いる半導体ウェハの前面および裏面の同時処理が行われ、その間に反応性のウェハ表面が空気酸素にさらされない。これは摩擦力を減少するために重要であると示され、その際圧力が $0.02\sim 0.10$ バールに減少し、従ってこれは有利である。研磨材およびストップ剤の供給の間に水の短時間の供給が可能であるが、特筆すべき利点を生じない。

【0023】 $2\sim 6$ 個の炭素原子を有する多価アルコールとして、半導体ウェハの製造のために十分な純度で得られ、水と混合可能である市販の物質が該当する。有利には $0.1\sim 10$ 容量%の濃度のエチレングリコール(エタンジオール-1, 2)、プロピレングリコール(プロパンジオール-1, 2および-1, 3)、ブチレングリコール(ブタンジオール-1, 3および-1, 4)およびグリセリン(プロパントリオール-1, 2, 3)を使用する。 $0.3\sim 3$ 容量%の濃度のプロピレングリコールおよびグリセリンが特に有利である。ストップ剤は更に $0.1\sim 2$ 容量%の濃度のイソプロパノールおよびn-ブタノールのような短鎖一価アルコールを含有することができる。これに加えてオリゴアルコールおよびポリマーアルコール、例えば高級エチレングリコール、ポリビニルアルコールまたはポリエーテルポリオールおよび界面活性剤の少量の添加が可能である。強い酸性成分または強いアルカリ性成分の添加は好ましくない。それというのは第1の場合は制御されないpH値の変動により掻き傷のあるウェハ表面を生じる二酸化珪素

粒子を形成することがあり、後者の場合はウェハ表面にエッチングのよごれを生じることになるからである。

【0024】本発明の処理工程(c)

ストップ工程(b)の後にシリコンウェハを研磨機から取り出し、技術水準により清浄化し、乾燥する。清浄化はパッチ法として浴中で多数のウェハを同時に清浄化して、または噴霧法を用いて、または単独のウェハ処理として実施することができる。本発明の範囲で、例えば水性フッ化水素酸-純水-テトラメチル水酸化アンモニウム(TMAH)/過酸化水素(H_2O_2)-純水の順序で、研磨工程からのすべてのウェハを同時に洗浄する浴洗浄が有利であり、その際粒子の除去を改良するためにTMAH/ H_2O_2 浴中の超音波の援助が有利である。よごれのない乾燥のために、例えば遠心乾燥原理、熱水原理、マランゴニ原理またはHF/オゾン原理により運転する装置が市販され、すべて一様に有利である。こうして得られる両面研磨されたウェハは、乾燥しており、親水性であり、よごれ、掻き傷、更に収束した光線で認められる欠陥がなく、選択した研磨条件および研磨手段に応じて、AFM測定($1\mu m \times 1\mu m$)により0.05~0.29nmRMSの粗さを有する。市販の、例えば容量式にまたは光学的に運転する形状測定装置(Geometriemessgeraet)での測定は25mm \times 25mmの構造部品平面に関して0.13 μm 以下の局所的形状値SFQR...を示す。

【0025】本発明の処理工程(d)

工程(a)~(c)により処理されたシリコンウェハに標準的方法によりエピタキシャルシリコン層を少なくとも前面に備える。これは有利にはCVD法(chemical vapor deposition 化学蒸着法)により、シラン類、例えばシラン、 SiH_4 、ジクロロシラン、 SiH_2Cl_2 またはトリクロロシラン、 $SiHCl_3$ をウェハ表面に供給し、ここで900~1250°Cの温度で元素の珪素および揮発性副生成物に分解し、エピタキシャル、すなわち単結晶の、結晶学的に半導体ウェハに配向して成長するシリコン層を形成することにより行う。その際有利には天然に存在するSi同位体混合物を使用する。しかしながら本発明の範囲で人工の変質したSi同位体混合物またはSi純粋同位体を使用することが同様に可能である。有利には0.3~10 μm の厚さでシリコン層がエピタキシャル成長する。エピタキシャル層はドーピングされていないか、または導電の種類および所望の導電性に調節するために、意図的に例えば硼素、磷、砒素またはアンチモンでドーピングされていてもよい。

【0026】特に有利にはシリコンからなる半導体ウェハの少なくとも前面に、特に有利にはシリコンのエピタキシャル被覆を行った後に、疎水性表面を有し、この形で集積された構造部品を製造するための引き続き処理に供給することができる本発明の半導体ウェハが存在す

る。しかしながら本発明の範囲で必ずしも必要でないとしても、汚染から保護するためにシリコン表面を親水化する、すなわち薄い酸化物層、例えば当業者には自然酸化物として知られている、約1nmの厚さの酸化物層で被覆することが可能である。これは原則的に2つの異なる形式で行うことができる。1つはエピタキシャル化された半導体ウェハの表面を酸化作用するガス、例えばオゾンで処理することができ、これはエピタキシャル空間内自体でまたは分離した装置内で行ってもよい。他方でウェハの乾燥に続くRCAタイプの連続浴を伴う浴装置での親水化が可能である。

【0027】本発明の処理工程(a)~(d)を実施後、少なくとも前面にエピタキシャル化された覆いのない表面を有する半導体ウェハが存在し、これは半導体構造部品を製造するために引き続き処理する前にその性質の特性化に供給することができる。市販の、例えば容量式にまたは光学的に運転する形状測定装置での測定は25mm \times 25mmの構造部品面に関して0.13 μm 以下の局所的形状値SFQR...を示す。レーザーベースで運転する光学的表面検査装置を用いる測定はエピタキシャル化されたウェハ表面1cm²当たり散乱光中心0.14の最大密度を示す。

【0028】必要な場合は、連続工程の適当な位置に、ウェハ確認のためのレーザー記録および/またはエッジ研磨工程を、例えばレーザー記録の場合は研削の前または後に、エッジ研磨の場合は両面研磨の前、間または後に挿入することができる。例えばポリシリコン、二酸化珪素および/または窒化珪素からなる裏面被覆の塗布のような所定の製造に必要な他の一連の処理工程を同様に当業者に知られた方法により連続工程の適当な位置に組み込むことができる。更に半導体ウェハを個々の処理工程の前または後に技術水準によるパッチ式ウェハ洗浄または個々のウェハ洗浄で処理することが有利である。

【0029】例えばウェハ表面の金属汚染、少数電荷担体の耐用時間およびナノトポロジー特性のような他の一般的なウェハの特性化に用いられる当業者に知られたパラメータに関して、本発明により製造されるエピタキシャル化された半導体ウェハはエピタキシャル層を析出する前に仕上げ研磨工程を使用して技術水準により製造したエピタキシャル化された半導体ウェハに比べて欠点を有しない。

【0030】本発明により製造されるエピタキシャル化された半導体ウェハ、特にエピタキシャルシリコン被覆を有するシリコンウェハは、線幅が0.13 μm 以下の半導体構造部品の製造の要求を満たす。本発明の方法は前記の特徴を有するエピタキシャル化されたシリコンウェハを製造するための最適な解決であると示される。出発物質に課せられる形状(Geometrie)の要求が最小であり、これは前工程の要求を減少する。本発明の工程で達成される良好な形状は、すでにかなり少ない

材料の除去後に、および高い処理安全性により、減少した破壊の危険と結びついて、きわめて高い収率で生成され、例えばプラズマエッチングによる局所的形状 (local Geometry) を修正するための費用のかかる工程が必要でなく、仕上げ研磨工程の実施の必要性がないことにより本発明の最終生成物に完全に維持される。本発明の連続処理がその特性において技術水準により製造される半導体ウェハよりすぐれているだけでなく、同時に仕上げ研磨工程を省くことにより製造費用に関して技術水準のウェハに比べて重要な利点を有することは意外であり、予測されないことであった。

【0031】

【実施例】以下に記載の例および比較例はすべて、5~20 mΩ/cm の範囲の抵抗を生じる、直径 (300 ± 0.2) mm、酸素含量 (6 ± 1) × 10¹⁷ 原子/cm³ および酸素ドーピングを有するシリコンウェハ、および 1~10 Ω/cm の範囲の抵抗を生じる、前面に酸素ドーピングを有するエピタキシャルシリコン層を有するシリコンウェハの製造に関する。このために必要な単結晶を技術水準により延伸し、短く切断し、エッジを丸くし、市販のワイヤソーで最終生成物に切断される厚さを有するウェハに切断した。エッジを丸くした後回転研削機で 600 メッシュの粒度のダイヤモンドで表面研削工程を行い、その際ウェハ前面およびウェハ裏面からそれぞれシリコン 30 μm を切削した。これに続いて流動エッチング法により酸性エッチング工程を実施し、その際回転円板を、濃縮した硝酸 90 質量% (水性溶液中 70 質量%)、濃縮したフッ化水素酸 10 質量% (水性溶液中 50 質量%) およびラウリル硫酸アンモニウム 0.1 質量% からなる混合物に浸漬することによりウェハ面当たりシリコンそれぞれ 10 μm を同時切削した。エッチング混合物を (20 ± 1 °C) に温度調節し、窒素ガスを貫流した。

【0032】例1

この例ではエッチングした表面および厚さ 815 μm を有する 300 mm シリコンウェハを使用した。更にラッピングした表面および厚さ 770 μm を有するステンレスクロム鋼からなる 5 個の回転円板を使用し、これらはそれぞれ 3 個の円形の同じ間隔で円形溝に配置された、ポリアミドを被覆した内径 301 mm の空間を有し、15 個の 300 mm のシリコンウェハを、Peter Wolters 社の形式 AC2000 の両面研磨機で同時研磨することを可能にした。

【0033】工程 (a) : 両面研磨工程を、それぞれ上方および下方の研磨円板に貼り付けられた、硬度 74 (ショア A) を有する市販のポリエチレン繊維で補強したポリウレタン研磨布 Rodel 社の SUBA500 を用いて、SiO₂ 固体含量 3 質量% および炭酸カリウムおよび水酸化カルシウムの添加により 10.5 に調節された pH 値を有する Bayer 社の形式 Levasi

1 200 の研磨ゾルを使用してプレス圧 0.15 パールで実施した。研磨をそれぞれ 40 °C の上方研磨円板温度および下方研磨円板温度で実施し、毎分 0.60 μm の切削速度を生じた。

【0034】工程 (b) : 775 μm の研磨したウェハの厚さを達成後、研磨材の供給を終了し、3 分の時間で、グリセリン 1 容量%、n-ブタノール 1 容量% および商品名 Silapur (アルキルベンゼンスルホン酸およびアミンエトキシレート) を基礎とする組成物 製造者 ICB) の市販の界面活性剤 0.07 容量% の水性溶液からなるストップ剤の供給に交代し、その際下方の研磨円板、上方の研磨円板および回転円板を更に運動させ、0.05 パールに圧力を減少した。

【0035】工程 (c) : 研磨したシリコンウェハを研磨機から取り出し、バッチ式洗浄装置中で水性フッ化水素酸-純水-TMAH/H₂O₂/超音波-純水の浴順序で洗浄し、イソプロパノールとともにマランゴニ原理により運転する市販の乾燥機中で乾燥した。このウェハは表面粗さ 0.24 nm RMS (AFM 1 μm × 1 μm) を有した。

【0036】工程 (d) : 洗浄し/乾燥し、研磨したシリコンウェハに、Applied Materials 社の形式 Centura HT308 のエピタキシャル反応器中で前面にエピタキシャル成長シリコン層を備え、その際シリコン成分として SiHCl₃ を使用し、ジボラン、B₂H₆ のドーピングにより抵抗を調節した。反応空間温度 1090 °C、毎分 3 μm の析出速度で厚さ 2.8 μm の層を析出した。

【0037】エピタキシャル化したシリコンウェハの特性

シリコンで前面にエピタキシャル化したシリコンウェハを、浴装置中で技術水準により親水化し、乾燥し、KL A-Tencor 社の形式 SP1 のレーザー原理により運転する表面検査装置でエピタキシャル化された前面の欠陥に関して特性化した。0.12 μm 以上の LLS 欠陥の全数に関して DWN (dark field wide) 溝中で平均値 51 ± 20 が得られ、(0.07 ± 0.03) LLS/cm² に相当した。引き続きウェハを、縁部排除 3 mm を有する ADE 社の形式 AFS の容量原理により運転する形状測定装置でその局所的形状に関して測定した。SFQR_{max} 値 (網目 25 mm × 25 mm) に関して平均値 (0.10 ± 0.01) μm が得られた。

【0038】比較例1

例1に記載と同様に実施したが、ストップ工程中にグリセリンを基礎とする前記の液体の代わりに水中の Lev asil 200 3 質量% および n-ブタノール 1 容量% からなる混合物を使用した。研磨したウェハは洗浄および乾燥後粗さ 0.55 nm RMS (AFM 1 μm × 1 μm) を有した。エピタキシャル被覆および親水化後、

前面で、LLS欠陥の平均値 DWN溝 368 ± 124 中 $0.12 \mu\text{m}$ 以上、 (0.52 ± 0.18) LLS/ cm^2 に相当、およびSFQR...平均値 $(0.10 \pm 0.01) \mu\text{m}$ を決定した。

【0039】比較例2

比較例1に記載と同様に実施したが、エピタキシャル被覆を実施する前に技術水準によるウェハ前面の仕上げ研磨工程を挿入した。その際柔らかいポリウレタン研磨布およびSiO₂固体含量2質量%およびpH値10を有する形式Glanzox3900 フジミ社の研磨材の水性懸濁液を使用した。0.15バールのプレス圧でシリコン $0.5 \mu\text{m}$ を除去後、ウェハをRCA法により洗浄し、マランゴニ乾燥機を用いて乾燥した。仕上げ研磨*

*した前面の粗さは 0.09 nm RMS (AFM $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$)であった。仕上げ研磨した前面でのエピタキシャルシリコン析出後以下の測定値が得られた。前面のLLS欠陥数の平均値 DWN溝 78 ± 23 中 $0.12 \mu\text{m}$ 以上、 (0.11 ± 0.03) LLS/ cm^2 に相当、SFQR...平均値 $(0.12 \pm 0.03) \mu\text{m}$ 。

【0040】製造したウェハの他の特性化

前記の実施例および2つの比較例により製造した300mmシリコンウェハの前面、裏面およびエッジを通常の当業者に周知の方法でウェハ表面の金属汚染および少数電荷担体耐用時間およびナノトポロジー特性に関して特性化した。個々の試験群の間に統計的に重要な相違が認められなかった。

フロントページの続き

(72)発明者 ヴォルフガング ジーベルト
ドイツ連邦共和国 メーリング ヘルダー
シュトラッセ 20
(72)発明者 クラウス メスマン
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン パッ
ハシュトラッセ 32

(72)発明者 ゲルハルト ハイアー
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン イン
デン グリュベベン 139
(72)発明者 トーマス アルトマン
ドイツ連邦共和国 ハイミング ザラーヴ
ェーク 5
(72)発明者 マルティン フェアファンガー
アメリカ合衆国 カリフォルニア サンノ
ゼ コロニアル ウェイ 3034